

Kartoffeltechnik

Michael Klindtworth

Kurzfassung

Besondere Beachtung im Berichtszeitraum fand die ausgeprägte Sommerhitze der Jahre 2018 und 2019 mit resultierender Ertragsminderung in den meisten Anbauregionen Europas. Im Kontext des Klimawandels werden deshalb neue technische Maßnahmen zur Stabilisierung und Förderung der Erträge diskutiert. Ein weiterer Aspekt sind die geänderten Rahmenbedingungen der Erntevorbereitung durch chemische Krautregulierung. Die viel diskutierte Digitalisierung und Vernetzung der Landwirtschaft begleitet zahlreiche technische Entwicklungen für den Kartoffelanbau, von denen ausgewählte Beispiele im Beitrag vorgestellt werden.

Schlüsselwörter

Kartoffel, Legemaschinen, Erosionsschutz, Infield-Logistik, Sikkation, Krautschlagen, Leistungssteigerung, Digitalisierung, autonome Erntemaschine

Potato Technology

Michael Klindtworth

Abstract

In the period under review, the extreme summer heat of 2018 and 2019 with a resulting reduction in yields in most of Europe's growing regions attracted particular attention. In the context of climate change, new technical procedures to stabilize and promote yields are therefore being discussed. A further aspect is the changed framework for preparation of harvest by use of chemical and mechanical haulm regulation. The much discussed digitization and networking of agriculture accompanies numerous technical developments for potato cultivation, of which selected examples are presented in the following article.

Keywords

Potato, potato planters, soil erosion, infield-logistics, siccation, mechanical haulm topping and reduction, increase of harvesting performance, digitization, autonomous harvester

Allgemeine Entwicklungen

Die zentralen Herausforderungen im Kartoffelbau des zurückliegenden Berichtszeitraums können mit den Schlagworten Klimawandel, Erosionsschutz, Sikkation und gestiegene Anforderungen an eine produktschonende, leistungsstarke Kartoffelernte zusammengefasst werden. Die Sommermonate der Jahre 2018 und 2019 waren in Westeuropa durch eine langanhaltende Hitze- und Dürreperiode mit erheblichen Ertragseinbußen gekennzeichnet. Gleichzeitig kam es im gesamten Vegetationsverlauf zu regionalen Starkregenereignissen. Technische Konsequenzen dieser veränderten klimatischen Rahmenbedingungen werden nachfolgend näher eingeordnet.

Die Ernte bei zum Teil hohen Temperaturen hatte Auswirkungen auf den physiologischen Alterungsprozess und die Lagerfähigkeit, was in 2018 zu einem Preisschub für qualitativ hochwertige, frei gehandelte Ware führte. In der Folge wurde die Anbaufläche für Kartoffeln deutlich erhöht, sodass sich diese Effekte in 2019 nicht wiederholten. Im internationalen Kontext wurde der Handel mit Kartoffeltechnik v. a. durch den Brexit, den Handelskonflikt zwischen den USA und China, aber auch durch die Entwicklungen in der Türkei geprägt. In Summe führte dies zu einer deutlichen, internationalen Zurückhaltung bei Neuinvestitionen im Bereich der Kartoffeltechnik.

Aus heutiger Sicht sind die jahrelangen Bemühungen um einen international standardisierten Datenaustausch zwischen Traktor und Gerät (ISOBUS) auf einem hohen Niveau angekommen. Entsprechend zertifizierte Bedienterminals lassen sich heute in der Regel problemlos über die gesamte Anbausaison vom Legen bis zur Ernte der Kartoffeln in Kombination mit verschiedenen Maschinen unterschiedlicher Hersteller nutzen. Damit wird auch die zunehmende Forderung nach einer elektronischen, webbasierten Vernetzung verschiedener Maschinen innerhalb eines Anbauverfahrens und innerhalb der betrieblichen Fruchtfolgekonzepte deutlich unterstützt. Nähere Ausführungen hierzu finden sich am Ende dieses Beitrags.

Es ist zu erwarten, dass der Wegfall von Reglone® ab 2020 und die Veränderungen beim Einsatz keimhemmender Mittel tiefgreifende Auswirkungen auf den Anbauprozess von Kartoffeln haben werden, weil sie in engem Zusammenhang zur Kartoffelqualität stehen. Insbesondere sind neue Techniken der Krautminderung gefragt, mit denen die Schalen- und Lagerqualität der Rohware gefördert bzw. stabilisiert werden kann. Der vorliegende Beitrag stellt die derzeit diskutierten Verfahren als Schwerpunkt vor.

Technik zum Legen und Pflegen der Kartoffel

Kombinierte Legeverfahren

Kombinierte Verfahren zum Legen von Kartoffeln, bei denen die Vereinzelung und Ablage der Knollen um zusätzliche Baugruppen und Funktionen erweitert werden, wurden an dieser Stelle bereits eingehend beschrieben [7]. So genannte „All-In-One“ oder „5-in-1-Verfahren“ beinhalten heute eine Maschinenkombination, bei der in einer Überfahrt Bodenbearbeitung, Reihendüngung, Maßnahmen zum Pflanzenschutz über das Pflanzgut (Beizung) und über den Boden (Furchenbehandlung), das Bedecken des Pflanzgutes mit Erde und eine abschließende Dammformung (Enddammaufbau) durchgeführt werden. Die Variation der Applikation von

Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erfolgt dabei üblicherweise in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit. Zunehmend bieten die Hersteller auch eine teilflächenspezifische Variation der Legeabstände in Abhängigkeit der Bodengüte oder gemäß umweltrelevanten Maßnahmen mit Hilfe von digitalen Applikationskarten an. So kann u. a. automatisiert sichergestellt werden, dass die Düngung und die Anwendung bestimmter chemischer Wirkstoffe unter Einhaltung notwendiger Abstände zu Oberflächengewässern erfolgt.

Die seit einigen Jahren bekannte Regelung bzw. Variation der Legeabstände entlang von Fahrgassen, zur pflanzenbaulichen Optimierung der Licht- und Nährstoffverfügbarkeit, kann damit deutlich erweitert werden.

Erosionsmindernde Maßnahmen im Kartoffelbau

Einzelne Hersteller bieten neuerdings auch Legemaschinen mit integrierten Querdammhäuflern an, die mit Hilfe von Applikationskarten gezielt angesteuert werden können [4]. Bei den bisher üblichen Querdammhäuflern („Dyker“) war der Abstand der Querdämme in der Regel mechanisch durch die Anzahl der Werkzeuge pro Umlauf vorgegeben [8]. Bei aktiv angesteuerten Dykern ist bisher eine definierte Taktfrequenz üblich, mit der eine Anpassung an variierende Fahrgeschwindigkeiten nicht möglich war. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit wurden die Abstände zwischen den Querdämmen folglich größer.

Mit den aktuellen Weiterentwicklungen werden diese Schwachstellen aufgehoben. Die Funktion, Querdämme aufzubauen, kann bei Bedarf zu- bzw. abgeschaltet werden und ihre Frequenz z. B. in Abhängigkeit der Geländestruktur zusätzlich variiert werden.



Bild 1: Legemaschine mit elektrohydraulischem Querdammhäufler, TerraProtect [4]

Figure 1: Potato planter with integrated electrohydraulic dyking-system, TerraProtect [4]

Zur Einordnung dieses neuen Systems werden nachfolgend verschiedene, erosionsmindernde Maßnahmen im Kartoffelbau vorgestellt (**Bild 2**).

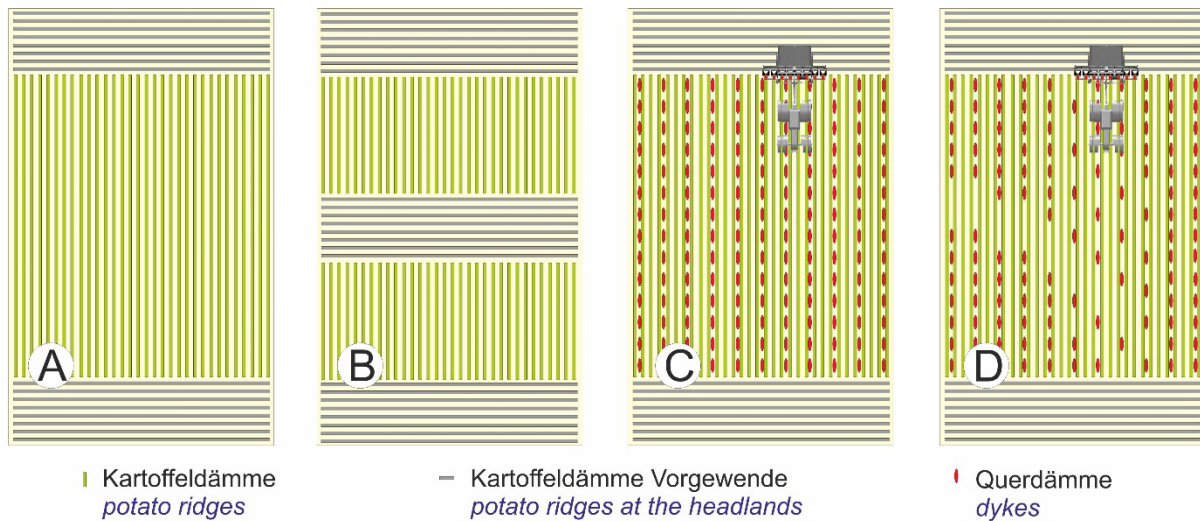


Bild 2: Schematische Einordnung erosionsmindernder Maßnahmen im Kartoffelanbau

Figure 2: Schematic diagram of erosion reducing measures in potato cultivation

Bild 2 zeigt schematisch von links nach rechts die technische Entwicklung erosionsmindernder Maßnahmen im Kartoffelanbau. Unabhängig von der Geländekontur werden Kartoffeln bis heute üblicherweise so angebaut, dass das Hauptfeld der Kartoffeldämme am jeweiligen Ende durch quer angelegte Vorgewende abgegrenzt wird. Der Anbau am Hang erfolgt häufig ohne zusätzliche Maßnahmen (A). Ohne den Einsatz von Querdammhäufelern wurden von einigen Anbauern in der Vergangenheit zusätzliche „Vorgewende“ quer zum Hang und quer zur Richtung der Kartoffeldämme als Maßnahme gegen eventuelle Bodenverlagerung nach Starkregenereignissen angelegt (B). Seit einigen Jahren findet die Verwendung von kontinuierlich arbeitenden Querdammhäufelern statt. Sie arbeiten entweder mit fixen Abständen, die durch die mechanische Anordnung der Werkzeuge vorgegeben sind, oder sie arbeiten mit konstanter Frequenz, sodass keine Anpassung an variierende Fahrgeschwindigkeiten erfolgt (C). Neu entwickelte Dyker ermöglichen einen selektiv gesteuerten Einsatz, bei dem der Abstand von Querdamm zu Querdamm in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit, der Geländestruktur oder nach anderen Vorgaben der Applikationskarte automatisiert gesteuert werden kann (D).

Ein weiterer Vorteil im Vergleich zum bisher üblichen „Dreistern- bzw. Sechsstern-Dyker“ [8] ist ein um ca. 50 % reduziertes Gewicht. Bei der gegebenen Anordnung der Werkzeuge hinter der Legemaschine kann so die benötigte Hubkraft des Traktors reduziert werden [4].

Pflegemaßnahmen im Kartoffelanbau

Die mechanische Unkrautbekämpfung in Reienkulturen erlebt derzeit eine gewisse Renaissance. Wesentliche Gründe für diese Entwicklung sind die Zunahme resistenter Unkräuter bei einer gleichzeitigen Reduzierung verfügbarer wirksamer Pflanzenschutzmittel [14].

Technische Neuerungen zur automatischen Steuerung der Geräte, größere Arbeitsbreiten und zunehmende Möglichkeiten zum Hacken in der Reihe fördern generell den Einsatz der neuen Maschinen als Alternative zum chemischen Pflanzenschutz. Im Gegensatz zu den meisten Reihenkulturen (u. a. Mais und Zuckerrübe) wird die Kartoffel allerdings im Damm angebaut. Die Werkzeugführung wird dadurch zusätzlich erschwert und die notwendige, präzise Einstellung vergleichsweise zeitaufwendig. Eine Unkrautbekämpfung zwischen den einzelnen Kartoffelpflanzen auf der Dammkrone ist aktuell für die Praxis noch nicht verfügbar.

Mit gezielt aufeinander abgestimmten Maßnahmen lässt sich das Wachstum oberflächlicher Samenunkräuter an den Dammlanken bereits heute unter günstigen Witterungs- und Bodenbedingungen ausreichend regulieren. Disteln, Quecken und andere Wurzelunkräuter bleiben jedoch eine Herausforderung. Es ist zu erwarten, dass zukünftig noch deutliche Weiterentwicklungen bis hin zur Robotik erfolgen müssen, um den wachsenden Ansprüchen der Anbauer gerecht zu werden.

Erntevorbereitung

Die chemische Abtötung/Reduktion des Kartoffelkrautes (Sikkation) zählt zu den wichtigsten Maßnahmen der Qualitätssicherung im Kartoffelanbau. Mit der Maßnahme werden u. a. folgende Ziele verbunden [5]:

- Größenregulation zur Förderung des Anteils vermarktungsfähiger Ware
- Reifeförderung und Festigung der Schale
- Krankheitsbekämpfung und Lagerfähigkeit durch erhöhte Schalenfestigkeit
- Erleichterung der Ernte

Chemische Krautminderung, Sikkation

Bisher wurde für die Sikkation der Wirkstoff Deiquat (auch Diquat) als Standardpräparat Reglone® eingesetzt. Das Jahr 2019 war, Stand Redaktionsschluss, das letzte Jahr, in dem der genannte Wirkstoff vor der Ernte ausgebracht werden durfte.

Chemische Alternativen zum genannten Präparat stehen zur Verfügung (u.a. Quickdown®, Shark®, Beloukha®). Allerdings sind sie aktuell noch deutlich teurer in der Anwendung [10] und setzen teilweise eine mechanische Krautminderung voraus (Shark®; Quickdown®) [10], sodass verstärkt über nicht-chemische Verfahren der Krautminderung diskutiert wird.

Thermische Krautminderung durch Abflammen

Die Krautminderung durch Abflammen ist ein Verfahren, das derzeit vor allem im ökologischen Landbau praktiziert wird, obwohl es deutliche negative Auswirkungen auf Bodenlebewesen gibt [2]. Es ist gekennzeichnet durch einen hohen Gasverbrauch und geringe Schlagkraft, die aus der langsamen Arbeitsgeschwindigkeit resultiert. Zudem besteht bei der in den vergangenen Jahren vorherrschenden Trockenheit ein erhebliches Brandrisiko in Acker-Randbereichen [10].

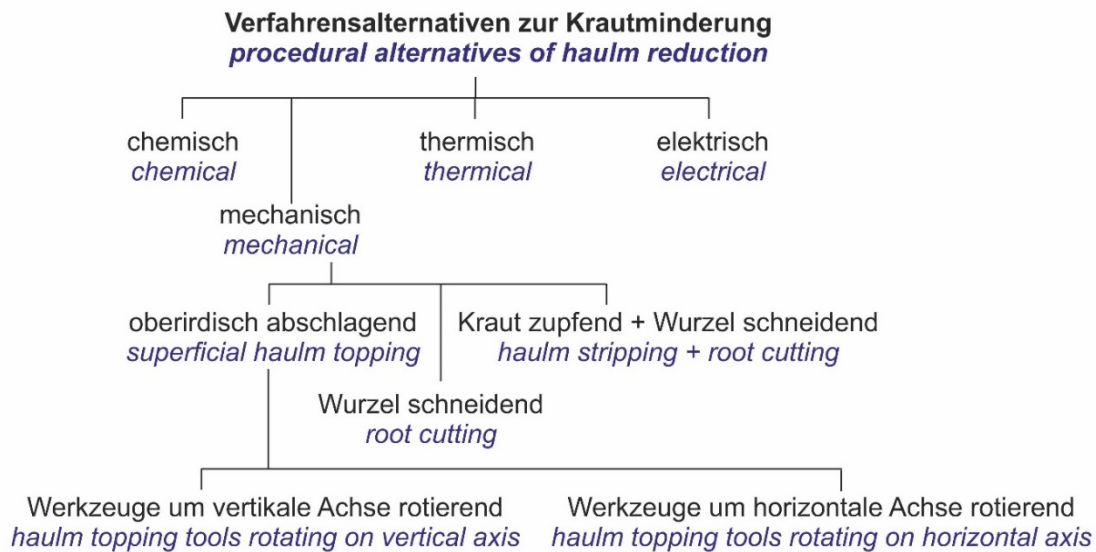


Bild 3: Übersicht der Verfahrensalternativen zur Krautminderung

Figure 3: Overview of procedural alternatives of haulm reduction

Elektrische Sikkation

Ein im Traktorheck betriebener Generator erzeugt eine elektrische Spannung, die über Kontakte auf die Pflanze und den Boden einwirkt [15]. Das System ist seit 2017 an der Versuchsstation Dethlingen im Forschungseinsatz. Nachteilig sind die vergleichsweise hohen Investitionskosten, eine geringe Flächenleistung und eine Wirkung, die von der Bodenfeuchte und der Witterung abhängig ist. Zudem ist von einer sortenspezifischen Wirkung auszugehen, die in einigen Fällen zu Nabelendnekrosen bei den Kartoffeln führen kann [5].

Krautminderung durch Unterschneiden der Wurzeln und/oder „Krautstripping“

Seit mehr als zehn Jahren sind Maschinen verfügbar, mit denen die Wurzeln unter dem Knollenest abgeschnitten werden können [12]. Die Einstellung der Messer ist sortenspezifisch und arbeitsaufwendig. Unter Umständen muss auch eine Anpassung innerhalb der Fläche erfolgen, um angeschnittene Kartoffeln zu vermeiden. Neuerdings werden diese Maschinen so ausgestattet, dass oberirdische Werkzeuge (Gummifinger, zusätzlich umlaufende Gummibänder) das Kartoffelkraut ausrupfen oder abkämmen („strippen“) [12]. Im Rahmen von Maschinenvorfürungen konnte beobachtet werden, dass die Maschine den Damm insgesamt auflockert. Damit ergibt sich ein erhöhtes Risiko für grüne Knollen, insbesondere auf leichten Standorten.

Mechanische Krautminderung mit Krautschlägern

Bereits vor ca. 80 Jahren wurden in Leipzig die ersten Maschinen zur mechanisierten Krautabtrennung bei Kartoffeln entwickelt [6]. Seit der Entwicklung des „Ratzputz“ wurde die Leistungsfähigkeit deutlich verbessert. So stehen heute neben zwei- und vierreihigen Maschinen auch sechs- bis achtreihige Krautschläger zur Verfügung [11]. Das grundsätzlich

einfache Prinzip der Krautreduzierung mit Hilfe einer horizontal rotierenden Schlegelwelle stellt im Detail vergleichsweise hohe Ansprüche an die Konstruktion. Neben der geforderten Standfestigkeit der Maschine/der Schlegel – auch auf steinreichen Böden – sind insbesondere Aspekte der Abdichtung zwischen Maschine und Dammkontur zu beachten, um die erforderliche krautanhebende Sogwirkung zu erzielen.

Das Kartoffelkraut soll zuverlässig und oberflächennah abgetrennt und streifenweise zwischen den Dämmen abgelegt werden. Alternativ können die Maschinen so eingestellt werden, dass weitgehend entlaubte Stängel mit einer Länge von 20 bis 30 cm erhalten bleiben, wenn eine chemische Nachbehandlung erfolgen soll [3].

Für eine gleichmäßige Restlänge der Stängel haben sich Gegenschneiden in Kombination mit der Schlegelwelle bewährt. Leitkeile im Gehäuse führen dazu, dass das Kraut zuverlässig zwischen den Dämmen ohne unerwünschte „Haufenbildung“ abgelegt wird. Die hohen Drehzahlen erfordern aus Sicherheitsgründen eine zusätzliche Steinschlagsicherung.

Beim aktuellen Stand der Technik ist zu erwarten, dass der Einsatz der zuletzt beschriebenen Krautschläger deutlich zunehmen wird. Hierbei handelt es sich um eine bewährte Technik. Die Anbauvarianten der Krautschläger am Traktor werden sich vermutlich analog zu Mähwerken weiterentwickeln, sodass neben Front- und Heckanbau auch Kombimaschinen für größere Arbeitsbreiten zur Verfügung stehen. In Analogie zu Trommel- und Scheibenmähwerken bleibt abzuwarten, ob auch bei Krautschlägern die sogenannten „Sichelmäher“ (Rotation um eine vertikale Achse) gegenüber den klassischen Krautschlägern mit horizontaler Schlegelwelle an Bedeutung gewinnen werden.

Entwicklungen zur Ernte von Kartoffeln

Die mechanisierte Ernte der Kartoffeln findet weltweit unter stark variierenden Rahmenbedingungen statt. In den Entwicklungs- und Schwellenländern findet bis heute ein Großteil der Ernte mit großem personellen Aufwand statt. In den Industrienationen Westeuropas nimmt die Verfügbarkeit von Arbeitskräften für die Ernte von Kartoffeln dagegen tendenziell ab. Landwirte berichten zunehmend davon, dass Erntehelfer und Fahrer nicht ausreichend zur Verfügung stehen oder dass das Niveau der individuellen Fähigkeiten nicht den Anforderungen entspricht. Als Konsequenz ergibt sich, dass auch zukünftig die Leistung der Maschinen gesteigert werden muss, um mit den vorhandenen Mitarbeitern die Erntearbeit zu erledigen.

Einreihige und zweireihige Erntemaschinen

Der Kartoffelanbau findet unter sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen und stark variierenden Betriebsgrößen statt. Während in Österreich, Italien, Spanien und in der Schweiz überwiegend einreihige Erntemaschinen eingesetzt werden, gehen die Stückzahlen für zweireihige Erntemaschinen in den Niederlanden, Deutschland, Frankreich, Belgien und den meisten skandinavischen Ländern deutlich nach oben. Das Angebot beinhaltet jeweils verschiedene Leistungsklassen und Ausstattungsvarianten.

Auffallend ist, dass inzwischen alle namhaften, europäischen Hersteller zweireihige Erntemaschinen mit unterschiedlicher Anzahl Trenngeräte anbieten. Während noch vor wenigen Jahren Zweireiher mit drei und in Einzelfällen sogar vier Trenngeräten im Vordergrund standen, werden inzwischen auch Zweireiher mit nur zwei Trenngeräten angeboten (**Bild 4**). Damit reduziert sich die Preisdifferenz zwischen einem hochwertig ausgestatteten Einreihler und einem einfach ausgestatteten Zweireiher und verbessert insgesamt die Akzeptanz und Investitionsbereitschaft für die zuletzt genannte Maschinenklasse.

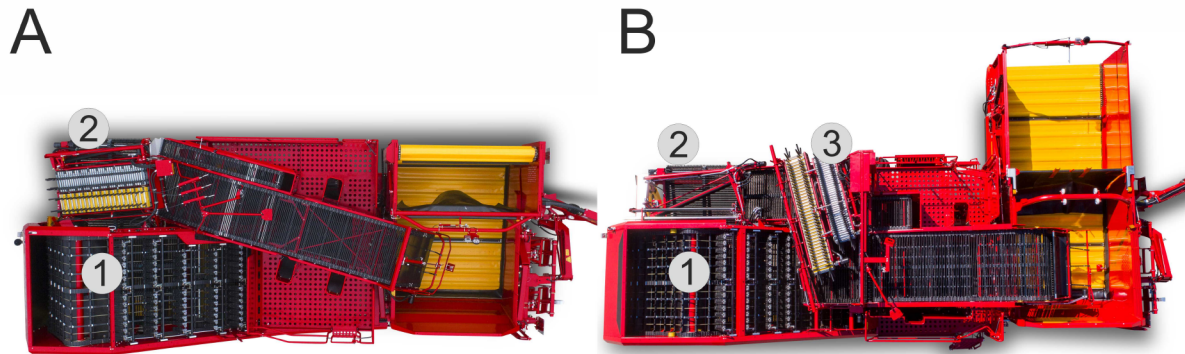


Bild 4: Aufsicht einer zweireihigen Kartoffelerntemaschine mit zwei (A) bzw. drei (B) Trenngeräten [4]

Figure 4: Upper view onto a trailed two-row potato harvester with bunker and two (A) resp. three (B) separators [4]

Gezogene Erntetechnik mit stufenloser Geschwindigkeitsregulierung der Siebbänder

Die Absiebung loser Erde spielt im Ernteprozess der Kartoffeln eine zentrale Rolle. Seit vielen Jahren wird in der Literatur auf die besondere Wechselwirkung von anhaftender Erde, Ernteleistung und Produktschonung hingewiesen [11]. Neben dem Siebbandwinkel (Steigung) und der lichten Weite der Siebbandstäbe hat die Umlaufgeschwindigkeit eine zentrale Bedeutung. Dies gilt umso mehr, je stärker die Bodenbedingungen bei der Ernte variieren. Bei selbstfahrenden Erntemaschinen ist die stufenlose Anpassung der Siebbandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit seit vielen Jahren Standard. Bei der gezogenen Erntetechnik wird sie erst seit einigen Jahren als Ausstattung mit angeboten und hält zunehmend Einzug in die Praxis.

Angestrebt wird eine Siebbandgeschwindigkeit, die eine weitgehende, aber nicht vollständige Absiebung loser Erde ermöglicht. So wird die Knolle durch einen Rest anhaftender Erde vor mechanischen Belastungen durch die umlaufenden Stahlstäbe des Siebbandes geschützt. Zu viel Erde schützt zwar die Knollen, führt aber zu Einbußen bei der Ernteleistung der Maschine, da diese Erde in den nachfolgenden Trenngeräten abgetrennt werden muss. Zu wenig Erde führt im Umkehrschluss zu einer vermeidbaren mechanischen Belastung der Knollen.

Bei gut siebfähigen Böden wird das angestrebte Ziel erreicht, indem die Siebbandgeschwindigkeit (bei entgegengesetzter Drehrichtung) in etwa der Vorfahrtgeschwindigkeit des Traktors entspricht. **Bild 5** veranschaulicht, dass so „Resterde“ bis zum Ende des Förderprozesses auf

den Siebbändern erhalten bleiben kann. Auf die Bedeutung der mit P_w markierten Umlenkrolle des Siebbandes wird später näher eingegangen.

- Unter den Bedingungen leichter bis mittlerer Böden mit durchschnittlicher Siebfähigkeit wird die Maschine so eingestellt, dass die Vorfahrtgeschwindigkeit des Traktors (V_t) der Siebbandgeschwindigkeit (V_w) entspricht.
- Bei schwereren Böden wird eine geringfügige Differenzgeschwindigkeit $V_t < V_w$ eingestellt, sodass der Gutstrom auf dem Siebband auseinandergezogen wird und die Absiebleistung gesteigert wird.

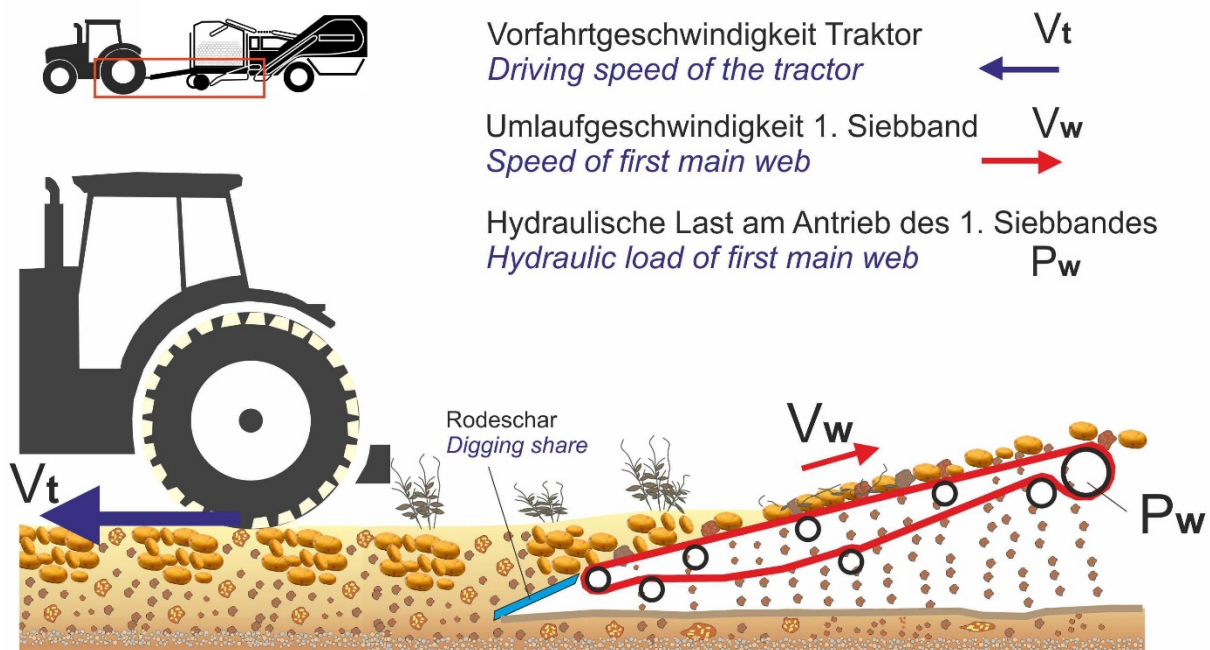


Bild 5: Schematische Darstellung der Traktorgeschwindigkeit, der Siebbandgeschwindigkeit und der angestrebten Absiebung auf dem ersten Siebband

Figure 5: Schematic relation of tractor speed, main web speed, sieving performance and expected crop protection concerning the crop flow on the first main web

Unter variierenden Bodenbedingungen nimmt die Vorfahrtgeschwindigkeit des Traktors mit zunehmender Schwere des Bodens ab. Folglich wird die Siebbandgeschwindigkeit bei der einfachen Regelung entsprechend reduziert. Gleichzeitig steigt aber der Anteil schwer absiebbarer Erde auf dem Siebband an, was eine Erhöhung der Siebbandgeschwindigkeit erfordert. Um den Fahrer von der permanenten Nachsteuerung zu entlasten, wird seit kurzem ein neues System angeboten, dass einen Regelkreis unter Berücksichtigung der variierenden Last auf dem ersten Siebband (P_w) aufbaut [4]. Die Last wird über den hydraulischen Antrieb des Siebbandes gemessen. Neu ist, dass „SpeedtronicWeb“ nicht nur die Regelung der Siebbandgeschwindigkeit abhängig von der Fahrgeschwindigkeit übernimmt, sondern dass sie bei Bedarf die voreingestellte Siebbandgeschwindigkeit übersteuert [4]. So kann das angestrebte Gleich-

gewicht zwischen hoher Leistung und hoher Produktschonung in einem „autarken Maschinenregelkreis“ eingehalten werden (vgl. dazu Anmerkungen zur Entwicklung von Tractor Implement Management im letzten Abschnitt „Digitale Systeme“).

Im Kontext der Klutenbildung im Damm bzw. deren Absiebung bei variierenden Geschwindigkeiten soll an dieser Stelle kurz auf aktuelle Weiterentwicklungen bei der Funktion der Dammentlastung bzw. Dammdruckregelung hingewiesen werden.

Seit vielen Jahren wird in der gezogenen Erntetechnik eine Rodeeinheit eingesetzt, die mechanisch von der Last auf dem ersten Siebband entkoppelt ist. Bei einer Dichte von 1,4 bis 1,6 t/m³ Boden würde sich eine hohe, permanente mechanische Last auf dem ersten Siebband ergeben. Bei leichten Böden würden so die Dämme auseinander gedrückt und die Knollen beschädigt werden. Auf schweren Böden würde die Absiebung der komprimierten Erde deutlich erschwert. Die Dammentlastung gehört aktuell zur üblichen, gehobenen Standardausstattung bei allen namhaften Herstellern und wird auf gut siebfähigen Böden für Rodegeschwindigkeiten von 4 bis 6 km/h eingesetzt.

Ergänzend wird für schwerere Böden eine zusätzliche, hydraulische Dammentlastung, die so genannte „Dammdruckregelung“, angeboten. Diese Regelung war in der Vergangenheit vergleichsweise träge und wurde deshalb überwiegend für Rodegeschwindigkeiten von ca. 2 bis 3 km/h eingesetzt. Mit der Weiterentwicklung der hydraulischen Dammdruckregelung steht nunmehr eine Technik zur Verfügung, die beide oben genannten Regelsysteme vereint und damit eine zuverlässige und schnelle Reaktion der Maschine bei stark variierenden Rodegeschwindigkeiten ermöglicht.

Selbstfahrende Erntemaschinen

Die Bedeutung selbstfahrender Erntemaschinen wächst an, auch wenn die verkauften Stückzahlen im Vergleich zu gezogener Erntetechnik nach wie vor überschaubar gering sind. Am Markt werden derzeit zwei- und vierreihige Maschinen von verschiedenen Herstellern angeboten. Zweireihige Selbstfahrer bedienen vor allem das spezielle Segment des Kartoffelanbaus in separierten Beeten. Vierreihige, selbstfahrende Erntemaschinen haben inzwischen die größere Verbreitung. Sie sind mit einer Vielzahl unterschiedlicher Trennaggregate und Fahrwerke verfügbar, die in früheren Berichten dieser Reihe bereits beschrieben wurden [9]. Selbstfahrende Erntetechnik wird von vielen Anbauern als zusätzliche, technische Absicherung der Ernte unter kritischen Erntebedingungen angesehen. Es bleibt abzuwarten, ob die Zunahme extremer Wetterereignisse im Herbst einen Einfluss auf den Vertrieb selbstfahrender Erntetechnik haben wird.

Prototyp einer autonomen, selbstfahrenden, einreihigen Erntemaschine

Der zunehmende Mangel an Arbeitskräften führt dazu, dass einzelne Hersteller sich mit dem Thema Ernteroboter auseinandersetzen. So wurde auf der letzten Agritechnica 2019 der erste Prototyp einer autonomen, selbstfahrenden Erntemaschine gezeigt [4]. Die Maschine verfügt über Kamera- und GPS-Systeme, sodass sie sich zukünftig eigenständig auf der Ackerfläche bewegen kann. Der Prototyp wurde in der Erntekampagne 2019 für die Ernte von Süßkartoffeln eingesetzt. Süßkartoffeln sind im Vergleich zu Kartoffeln besonders empfindlich

und werden deshalb in der Regel mit hohem manuellen Aufwand geerntet. Die Studie belegt, dass die schwere Arbeit des Rodens problemlos von der Maschine erledigt werden kann, während die notwendige, schonende Trennung von Knollen und Beimengen von Hand am Verlesetisch erfolgt. **Bild 6** zeigt ein entsprechendes Einsatzfoto.



Bild 6: Funktionsmuster einer autonomen Erntemaschine für Kartoffeln und Süßkartoffeln [4]

Figure 6: Functional model of an autonomous harvester for potatoes and sweet potatoes [4]

Die vorgestellte Studie lässt noch eine ganze Reihe von Fragen offen. Dazu zählt neben der Genauigkeit der Fahrt auf dem Acker auch die Logistik zur Abfuhr des Ernteproduktes. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese spannende Idee unter praktischen Gegebenheiten weiter bewährt.

Anbauhygiene und Feldhygiene

In der Praxis kommt es immer wieder vor, dass nicht alle gewachsenen Kartoffeln von der Ackerfläche abgefahren werden, sondern teilweise oberflächlich im/auf dem Boden verbleiben. Die Ursachen hierfür können u. a. fehlerhafte Tiefenführung der Schare, aber vor allem auch sehr kleine Kartoffeln in trockenen Jahren sein. Diese kleinen Kartoffeln fallen gegebenenfalls durch die Siebbänder oder gelangen mit anderen Beimengen bei den Trenngeräten zurück auf den Acker. Unter den zunehmend mildernden Wintern verfrieren diese Knollen nicht mehr. Aus pflanzenbaulicher Sicht können sie damit zum Hygieneproblem in der Anbaufruchtfolge werden.

Um Kartoffeln, die zusammen mit Beimengen anfallen, zu quetschen bzw. zu zerreiben, gibt es seit ca. 30 Jahren verschiedene technische Ansätze. **Bild 7A** zeigt eine „Kartoffelreibe“, die bereits in den 80er Jahren angeboten wurde. **Bild 7 B** zeigt eine hydraulisch angetriebene Reifen-Quetsche unter dem Beimengenband aus den Niederlanden (ca. 2001, Hersteller unbekannt). Im Jahr 2019 wurde diese Technik in weiterentwickelter Form auf der Agritechnica erneut vorgestellt (**Bild 8**) [13].

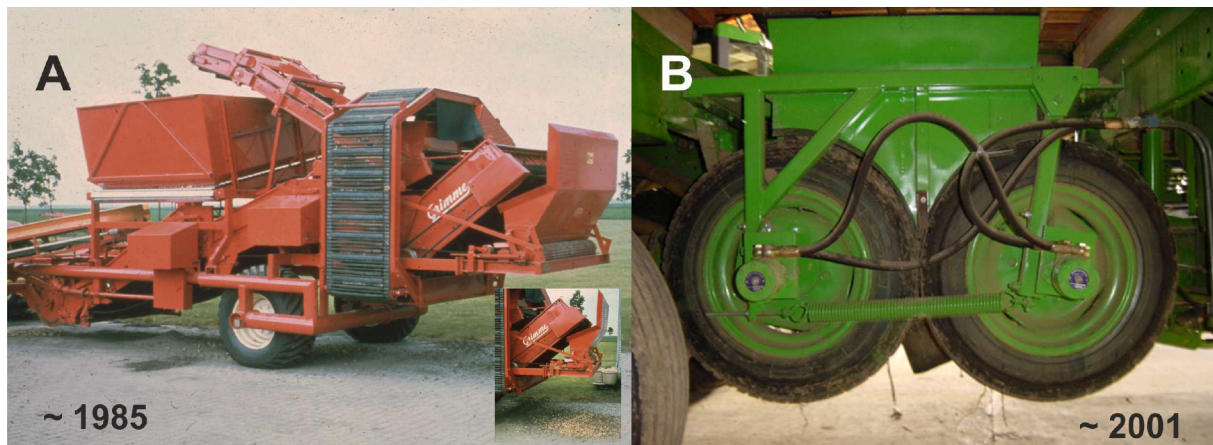


Bild 7: Vergleichende Darstellung einer „Kartoffelreibe“ (A) mit Walzen und einer hydraulisch angetriebenen Reifen-Quetsche (B) (Bildquelle: Archiv GRIMME)

Figure 7: Comparative illustration of a "potato crusher" (A) with rollers and a hydraulically driven wheel squeezer (B) (images: GRIMME archive)



Bild 8: Schematische Darstellung zur Wirkung der „Kartoffelquetsche“ (verändert nach [13])

Figure 8: Schematic illustration of the "Potato-squeezer" ([13] modified)

Die bisherigen technischen Lösungen zeigten zwei Nachteile: Zum einen wurde nur ein Teil der anfallenden Knollen mechanisch zerkleinert. Das heißt, kleine Kartoffeln, die unmittelbar nach der Aufnahme durch die Siebbänder verloren gehen, werden nicht erfasst. Bei großen Kartoffeln kam es außerdem vor, dass keine ausreichende Zerkleinerung möglich war. Unter Umständen wurden die Knollen sogar in zwei oder mehrere keimfähige Teilknollen gebrochen. Es bleibt abzuwarten, wie sich der weiterentwickelte Ansatz in der Praxis bewährt und/oder ob er durch andere Maßnahmen (Zerkleinerung in einem weiteren Arbeitsschritt) ergänzt werden

muss. Die inzwischen Jahrzehnte andauernde Suche nach passenden Lösungen zeigt die besondere Bedeutung dieses Themas für die Feldhygiene.

Digitale Systeme

Von der Traktor-Geräte-Kombination bis zur Vernetzung der Verfahrenskette

Der Trend zum Einsatz digitaler Systeme beim Anbau von Kartoffeln bis in den nachgelagerten Bereich ist weiterhin deutlich erkennbar. Einzelne Hersteller begannen bereits vor mehr als 15 Jahren mit der Entwicklung von maschinenübergreifenden Bedienkonzepten. Aus Kostengründen standen dabei zunächst Bedienterminals im Mittelpunkt, die über die gesamte Anbauperiode vom Legen der Kartoffeln im Frühjahr bis zur Einlagerung im Herbst in Kombination mit verschiedenen Maschinen des Herstellers genutzt werden konnten. Voraussetzung für eine derartige, integrative Nutzung war eine automatische Identifizierung der jeweiligen Maschine am Terminal. Nach dem gleichen Grundprinzip (eine Maschine identifiziert sich mit definierten Standardparametern am Terminal) wurde 2009 erstmals ein herstellerübergreifendes Konzept der ISOBUS-Bedienung realisiert und in die Praxis eingeführt. Inzwischen haben sich diesem Konzept einer standardisierten Bedienung landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte mehr als 30 namhafte Hersteller der Branche angeschlossen.

Tractor Implement Management

In einem früheren Beitrag dieser Reihe [7] wurde darüber berichtet, wie die „intelligente Sensorik“ der Maschine dazu genutzt wird, um die vom Traktor ausgehende Antriebsleistung, die Arbeitstiefe oder die Vorfahrtgeschwindigkeit zu regeln. Entgegen der Erwartung halten sich die Weiterentwicklungen im Bereich des sogenannten Tractor Implement Managements (TIM) in Grenzen. Ein Grund für die Verzögerungen könnten die nicht abschließend geklärten rechtlichen Rahmenbedingungen sein. Unter anderem ist unklar, ob die angehängte Maschine den Traktor bis zum Stillstand abbremsen darf. Wann darf/sollte/muss der Fahrer des Traktors die Regelungsvorgaben der Maschine übersteuern? Welche Maschine dominiert den Regelkreis, wenn beispielsweise ein Krautschläger im Frontanbau und gleichzeitig eine Erntemaschine im Heck eingesetzt werden?

Die Agritechnica 2019 zeigte eindrucksvoll, dass die Hersteller trotz dieser Umstände an ISOBUS-gesteuerten, multisensorischen Regelkreisen zur optimierten Maschinennutzung festhalten. Es wurden Exponate gezeigt, die sich autark auf die jeweiligen Erntebedingungen einstellen können (vgl. Abschnitt „Gezogene Erntetechnik mit stufenloser Geschwindigkeitsregulierung der Siebbänder“) und spezifische Maschinendaten über das Internet für spätere Nutzungen zur Verfügung stellen.

Die digitale Vernetzung wird Realität

Als konsequente Weiterentwicklung der beschriebenen Traktor-Maschine-Vernetzung kann die Vernetzung diverser Maschinen einer ganzen Verfahrenskette via Internet angesehen werden. Verschiedene Hersteller [1; 4] stellen Internetplattformen vor, die mit der Maschine

verbunden sind, um ihre Daten zu erfassen und aufbereitete Informationen an den Kunden bzw. Fahrer zurückzugeben (**Bild 9**).

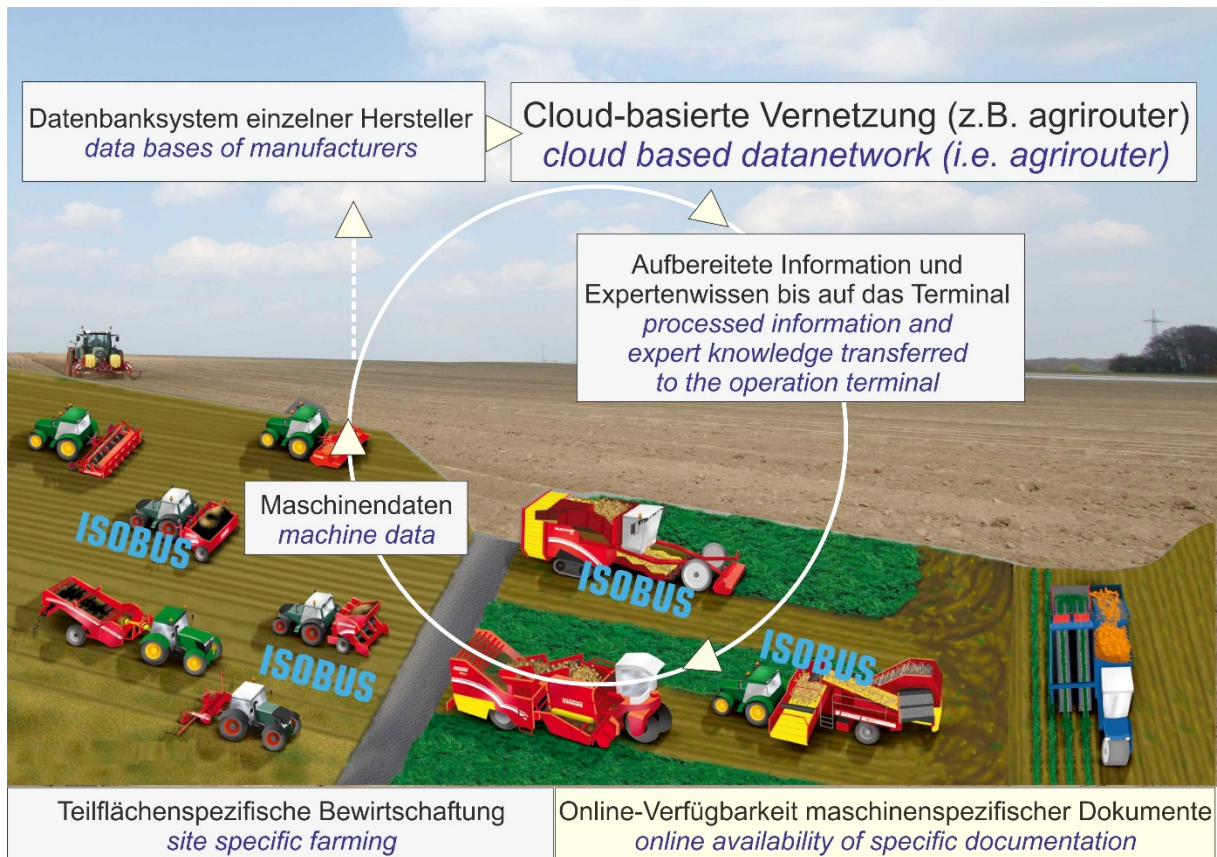


Bild 9: Schema der Vernetzung verschiedener Maschinen im Anbauverfahren für Kartoffeln

Figure 9: Schematic illustration of the datanetwork in potato production

Darüber hinaus gibt es erste herstellerunabhängige Plattformen, so genannte „data-hubs“ (z. B. agrirouter) für den standardisierten Datenaustausch. Der Fahrer/Anwender einer Maschine entscheidet selbst, welche Daten (u. a. Fläche/Teilfläche, Arbeitszeit, Arbeitsbreite, Fahrgassen, Legeabstände des Pflanzgutes etc.) er wem (z. B. Fachberater, Maschinenring, Rodegemeinschaft) für den Datenaustausch freigeben will. Sowohl für den innerbetrieblichen als auch für den überbetrieblichen Maschineneinsatz können so relevante Daten automatisiert von einer Maschine zur anderen weitergereicht werden. Erste Praxisbeispiele verdeutlichen anschaulich das Potential dieser Entwicklungen:

- Aufgezeichnete Fahrwege, einschließlich der Anlage von Fahrgassen, werden dazu genutzt, um Fahrtrouten beim Düngen, beim chemischen Pflanzenschutz, bei der Ernte und bei der Abfuhr des Ernteproduktes zu optimieren (Infield-Logistik-Konzepte).
- Es können Applikationskarten auf der Basis der Bodenqualität erstellt werden, die sowohl für das Legen der Kartoffeln (Legeabstände) als auch für deren Düngung genutzt werden können.

- Es können Applikationskarten mit definierten Randstreifen erstellt werden, die eine automatisierte Dokumentation von umweltrelevanten Maßnahmen (Pflanzenschutz/Düngung) ermöglichen.
- Ungewöhnliche Belastungszustände in der Erntemaschine (erhöhter Beimengenanteil) können räumlich zugeordnet werden und für die nachfolgende Bodenbearbeitung genutzt werden.

Weiterentwickelte Bedienkonzepte mit digitaler Bildverarbeitung

Erstmals wird ein ereignisgesteuertes, digitales Videosystem mit Zoom- und Zeitlupenfunktion vorgestellt. Dadurch wird der Fahrer oder das Verlesepersonal auf der Maschine gezielt auf eine besondere Situation hingewiesen und kann unmittelbar reagieren. Das Bild lässt sich per WLAN auf ein beliebiges, internetfähiges Gerät (Smartphone, Tablet) übertragen und ermöglicht so auch die gefahrlose Bewertung der Maschinsituation von außen.



Bild 10: Digitales Videosystem mit Datenübertragung auf beliebige, internetfähige Anzeigegeräte
Figure 10: Digital video system with remote display on any internet connected device

Es ist zu erwarten, dass sich das Anwendungsfeld der neuen Digitaltechnik rasant weiterentwickeln wird. Der Blick des Betriebsleiters, Beraters oder Servicemitarbeiters auf/in die Maschine via Internet wird zum Standard werden. Die vorausschauende Wartung („predictive maintenance“) steht bereits heute in der Testphase und wird die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Maschinen auch in Zukunft weiter verbessern.

Literatur

- [1] AVR: AVR-Connect® Verdienen Sie bares Geld mit Maschinendaten. Informationsblatt zum Online-Speicherplatz für Maschinendaten, 2019. URL – www.avr.be - Zugriff am 29.02.2020.
- [2] Bertram, A.: Geräte- und verfahrenstechnische Optimierung der thermischen Unkrautbekämpfung. Dissertation, 1996, TU-München, Freising-Weihenstephan.
- [3] Cordes, L.: Sikkation: Sicherheit geht verloren. In: Land & Forst, Heft 29/2019, S. 30 ff.
- [4] Grimme: Pressemitteilungen zur Agritechnica 2019.
- [5] Gröschl, K.: Sikkation ohne Diquat. In: Kartoffelbau 6/2019, S. 27 ff.
- [6] Herrmann, K.: Ein Schatzgräber für die Kartoffelernte. In: Der goldene Pflug. Zeitschrift des DLM, Universität Hohenheim. Ausgabe 41 (2019), S. 8-11. ISSN 2364-2832.
- [7] Klindtworth, M. und Sonnen, J.: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, L. (Hrsg.) Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 164-171.
- [8] Klindtworth, M.: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, L. (Hrsg.) Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 171-182.
- [9] Klindtworth, M.: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, L. (Hrsg.) Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 162-176.
- [10] Messmer, H.-J.: Welche Möglichkeiten gibt es zukünftig alternativ zu Reglone? In: Kartoffelbau, Heft 6/2019, S. 13-17.
- [11] Peters, R.: Kartoffelanbautechnik. In: Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion. Hrsg. Köller, Verlag Eugen Ulmer, 2019, ISBN 978-3-8252-5198-7, S. 243-267.
- [12] Rema: REMA EnviMaxX. 2018. URL – <https://www.youtube.com/watch?v=Rzhs6OT1oO8> - Zugriff am 29.02.2020.
- [13] Ropa: Pressemitteilungen zur Agritechnica 2019.
- [14] Schindler, M.: Das Kraut kostengünstig mindern. In: Kartoffelbau, Heft 6/2019, S. 23-26.
- [15] Zasso: Produktinformationen zu elektrischer Unkrautbekämpfung. 2019. URL – <https://zasso.com/> - Zugriff am 29.02.2020.

Autorendaten

Dr. agr. Michael Klindtworth ist bei der GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG in Damme (Deutschland) verantwortlich für Übersetzungsmanagement und Terminologie. Weiterhin ist er seit vielen Jahren Dozent für Landtechnik an der Privaten Hochschule für Wirtschaft und Technik (PHWT) in Vechta und Diepholz.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Klindtworth, Michael: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2019. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2020. S. 1-17

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202001201537-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2019/chapter/kartoffeltechnik.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.